

Kalliojärven vesistöalueen järvioltaiden vedenlaatu ja fosforikuormitus vuonna 2010 sekä fosforimallitarkastelu kunnostussuunnittelun lähtökohdaksi

Tutkimusraportti



**KALLIOJÄRVEN
VESISTÖALUEEN JÄRVIALTAIDEN
VEDENLAATU JA FOSFORIKUORMITUS
VUONNA 2010 SEKÄ
FOSFORIMALLITARKASTELU
KUNNOSTUSSUUNNITTELUN
LÄHTÖKOHDAKSI**

Tutkimusraportti

Tarmo Tossavainen

Julkaisusarja	Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisu C:53
Vastaava toimittaja	Dos. YTT Anna Liisa Westman
Sivuntaitto	MMM Sini Makkonen
Kannen kuva	Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opiskelijat Tiina Kautonen (vas.) ja Laura Koskela ottamassa pohjaeläinnäytettä havaintopaikalla 52 Kalliojärven-Patojärven luusuassa 11.10.2010. Kuva: Tarmo Tossavainen.

ISBN 978-951-604-151-6
ISBN 978-951-604-152-3 (pdf)
ISSN 1797-3848
ISSN 1797-3856 (pdf)

SISÄLLYS

ALKUSANAT	9
1 TUTKIMUSALUE SEKÄ AINEISTO JA MENETELMÄT	11
2 TULOKSET	17
2.1 Tutkimusalueen järvialtaiden vedenlaatu vuonna 2010	17
2.2 Vedenlaatu, virtaamat ja kuormitus Kalliojärvi-Patojärvi -alueella vuonna 2010	19
2.3 Kalliojärvi-Patojärven fosforimallitarkastelu	20
2.4 Vedenlaatu, virtaamat ja kuormitus Pitkälähti-Sorsajärvi-alueella vuonna 2010	21
2.5 Pitkälähti-Sorsajärven fosforimallitarkastelu	23
3 TULOSTEN TARKASTELU	23
3.1 Järvialtaiden vedenlaatu	23
3.2 Valumaveden laatu ja kuormitus	24
3.3 Fosforimallitarkastelu	24
3.3.1 Kalliojärvi-Patojärvi	24
3.3.2 Pitkälähti-Sorsajärvi	25
4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	27
5 LÄHTEET	29
LIITTEET	30
LIITE 1. Havaintopaikkojen yläpuolisten valuma-alueiden kartat 1-10	31
LIITE 2. Tutkimusalueen alustavat vesiensuojelutekniset rakenteet	36

KIRJOITTAJAT

Tarmo Tossavainen

MMM, limnologi, päätoiminen tuntiopettaja,
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Tutkimuksen teossa mukana olivat lisäksi:

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun Biotalouden keskuskesken ympäristöteknologian koulutusohjelman opiskelijat Tiina Kautonen, Katja Korhonen, Tuomas Korhonen, Laura Koskela, Marika Limatius, Kimmo Miettinen, Alekski Nevalainen, Juuso Piironen, Katariina Rätty, Anna Tiainen ja Ville Väisänen

ALKUSANAT

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelman opiskelijat Tiina Kautonen, Katja Korhonen, Tuomas Korhonen, Laura Koskela, Marika Limatius, Kimmo Miettinen, Aleksi Nevalainen, Juuso Piironen, Katariina Rätty, Anna Tiainen ja Ville Väisänen saapumisryhmästä AYNS 09T tekivät opettajansa Tarmo Tossavaisen ohjauksessa Valtimon Kalliojärven vesialueiden (Kalliojärvi-Patojärvi ja Pitkälähti-Sorsajärvi) limnologisen perustutkimuksen (vedenlaatu, kuormitus) ja alustavan valuma-alueen kunnostussuunnitelman hajakuormituksen vähentämiseksi vuonna 2010. Tutkimuksen raportointi koostuu yhteensä kuudesta osaraportista, jotka on luetteloitu kappaleessa 5.

Tahdomme kiittää Pohjois-Karjalan ELY-keskusta mielenkiintoisesta ja haastavasta toimeksiantotyöstä. Erityiskiitokset haluamme osoittaa paikallisille asukkaille ja kylätoimikunnalle, joiden aktiivisuus on ylipäättään mahdollistanut tämän työmme. Lopuksi suurkiitokset kylätoimikunnalle majoituksen järjestämisestä työmme kenttätutkimusten ajaksi!



Kuva 1. Näkymä Kalliojärven valuma-alueen metsätalousmailta ja PKAMK:n ajoneuvo odottamassa vesinäytteitä 11.10.2010. Kuva: Tarmo Tossavainen.

1 TUTKIMUSALUE SEKÄ AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusalue koostuu kahdesta järvioltaasta. Pitkälahti-Sorsajärvi laskee Uitonpuroa myöten Kalliojärvi-Patojärveen, joka edelleen laskee Hiirenjokeen. Pitkälahti-Sorsajärvellä on kaukova-luma-alueena Pohjajärven valuma-alue (kuva 2 ja LIITE 1). Järvi-altaiden perustietoja on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

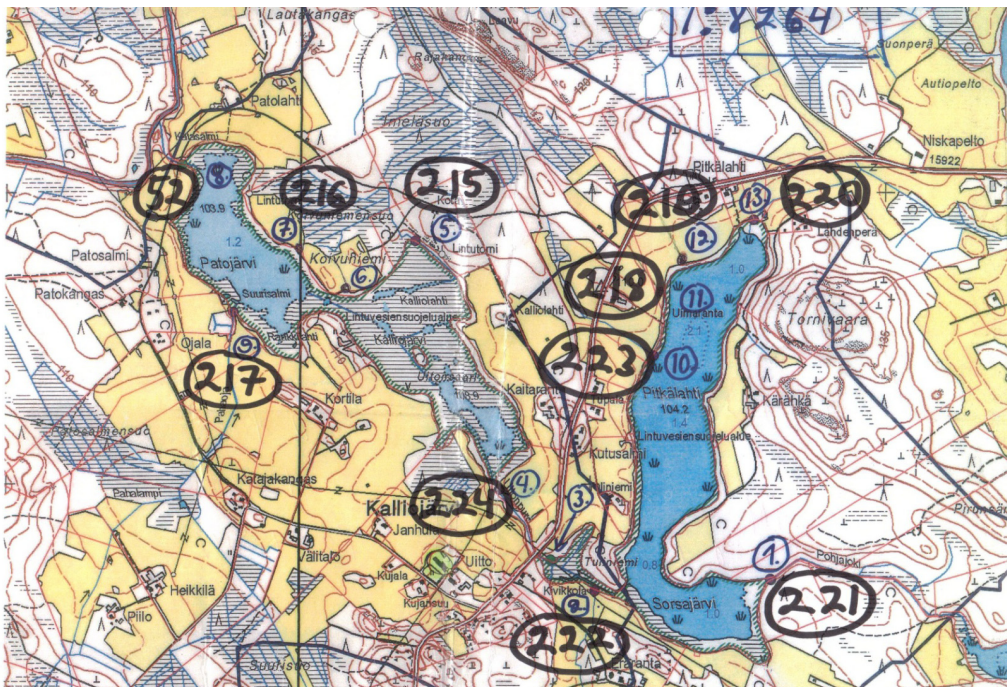
Taulukko 1. Kalliojärven-Patojärven hydrologisia ja morfometrisiä perustietoja sekä kokonaisfosforipitoisuuden havainnot vuonna 2010.

Kalliojärvi-Patojärven vesitilavuus	203 000 m ³
Kalliojärven-Patojärven vesipinta-ala	331 810 m ²
Valuma-alueen pinta-ala	10,16 km ²
Kalliojärvi-Patojärven suurin syvyys	1,2 m
Kalliojärvi-Patojärven keskisyvyys	0,61 m
Luusuan vuosikeskivirtaama (MQ) (perustana $Mq_{1961-1990}$ [= 10,2 l/s km²])	103,6 l/s
Viipymä (T) MQ:n vallitessa	0,75 kuukautta
Kalliojärven-Patojärven kokonaisfosforipitoisuuden havainnot vuonna 2010	
13.04.2010	200 µg/l (erittäin rehevien eli hypereutrofisten järvien suuruusluokkaa)
26.04.2010 (havaintopaikka luusua 52)	93 µg/l (lähes hypereutrofisten järvien suuruusluokkaa)
11.10.2010 (havaintopaikka luusua 52)	110 µg/l (hypereutrofisten järvien suuruusluokkaa)

Taulukko 2. Pitkälähti-Sorsajärven hydrologisia ja morfometrisiä perustietoja sekä kokonaisfosforipitoisuuden havainnot vuonna 2010.

Pitkälähti-Sorsajärven vesitilavuus	260 761 m ³
Pitkälähti-Sorsajärven vesipinta-ala	331 124 m ²
Valuma-alueen pinta-ala	4,35 km ²
Pitkälähti-Sorsajärven suurin syvyys	2,1 m
Pitkälähti-Sorsajärven keskisyyvyys	0,79 m
Luusuan vuosikeskivirtaama (MQ) (perustana $MQ_{1961-1990}$ [= 10,2 l/s km ²])	44,4 l/s
Viipymä (T) MQ:n vallitessa	2,24 kuukautta
Pitkälähti-Sorsajärven kokonaisfosforipitoisuuden havainnot vuonna 2010	
13.04.2010 (havaintopaikka syväne ”Pitkälähti 53”)	270 µg/l (erittäin rehevien eli hypereutrofisten järvien suuruusluokkaa)
27.04.2010 (havaintopaikka Uitonpuro 224*)	82 µg/l (rehevien eli eutrofisten järvien suuruusluokkaa)
11.10.2010 (havaintopaikka Uitonpuro 224*)	59 µg/l (eutrofisten järvien suuruusluokkaa)

*Havaintopaikka Uitonpuro 224:n vedenlaatuun vaikuttaa jonkin verran Uitonpuron lähivaluma-alue, silmämääräisesti selkeimpänä uoma 222:n ainevirtaama. Tämän lähivaluma-alueen pinta-alan (noin 0,6 km²) osuus on kuitenkin suhteellisen pieni Pitkälähti-Sorsajärven valuma-alueen alasta (noin 4,4 km²), joten lähivaluma-alueen vaikutus Uitonpuron vedenlaatuun on oletettavasti pienehkö.



Kuva 2. Kalliojärven tutkimusalueen vedenlaadun ja virtaaman havaintopaikat keväällä ja syksyllä 2010. Sinisellä ympyröidyt havaintopaikkojen numerot 1-13: Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulun aluksi käyttämä ”työnumerointi”. Mustalla ympyröidyt numerot (52, 215 jne.): lopullinen Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen numerointi. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10. Mittakaava: 1:18 700.

Taulukko 3. Kalliojärven vesistöalueen kunnostussuunnittelun vedenlaadun ja virtaamien havaintopaikkojen tunnuksat vuonna 2010. Koordinaatit on tallennettu Garmin GPSmap 60CSx -satelliittipaikanninlaitteella $\pm 2 \dots \pm 3$ metrin tarkkuudella kenttätutkimustöiden yhteydessä huhtikuussa 2010. Lisäksi Pohjois-Karjalan ELY-keskus otti vesinäytteet huhtikuussa 2010 Pitkälampi-Sorsajärven (havaintopaikka "Pitkälampi 53") ja Pohjajärven (havaintopaikka "Pohjajärvi 54") syvänteistä.

Havaintopaikka ja sen alkuperäinen PKAMK:n (TaTo ja AYNS 09T) "työnumero"	Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen lopullinen havaintopaikan nimi ja tunnus	Koordinaatit (YKJ)
Pitkälampi-Sorsajärvi-vesialueelle laskevat uomat:		
oja 1	Pohjajoki 221	I = 3591913, P = 7057687
oja 10	Oja 223 Pitkälampien	I = 3591205, P = 7058457
oja 11	Pelto-oja 218 Pitkälampien	I = 3591244, P = 7058658
oja 12	Pelto-oja 219 Pitkälampien	I = 3591340, P = 7058774
oja 13	Oja 220 Pitkälampien	I = 3591566, P = 7058923
Patojärvi-Kalliojärvi-vesialueelle laskevat uomat:		
oja 4	Uitonpuro 224	I = 3590680, P = 7057990
oja 5	Oja 215 Kalliolampien	I = 3590351, P = 7058849
oja 7	Oja 216 Koivuniemi	I = 3590008, P = 7058818
oja 9	Pahaoja 217	I = 3589753, P = 7058407
Muut alueen havaintopaikat:		
oja 2	Oja 222 Uitonpuroon (tämän tuoma kuormitus sisältyy havaintopaikkaan 224)	I = 3591026, P = 7057625
oja 8	Puro 52 Patojärvestä (= koko vesistöalueen luusua)	I = 3589593, P = 7059103

Otimme tutkimusalueen vesinäytteet ja mittasimme virtaamat 26.-27.4.2010 ja 11.-12.10.2010. Lisäksi saimme käyttöömmä Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen 13.4.2010 ottamat ja analysoimat vesinäytetulokset tutkimusalueen järviltaista.

Mittasimme virtaamat järviin laskevista uomista yhdysvaltalaisvalmisteisellä Global Water© -sivikolla (kuva 3). Vesinäytteet analysoitiin standardoiduilla ja akkreditoituilla menetelmillä näytteenotosta seuraavana päivänä Suomen Ympäristökeskuksen Joensuun yksikön ympäristölaboratoriossa.

Kevään havaintojankohtana 26.-27.4.2010 oli meneillään selkeä kevätvirtaama; kaikkien havaintopaikkojen yläpuolisten valuma-alueiden valuma oli keskimäärin noin 38 l/s km². Tämä on lähes nelinkertainen koko valtakunnan pitkän aikavälin (1961-1990) vuosikeskivalumaan (10,2 l/s km²) verrattuna.

Lokakuun havaintojankohtana 11.-12.10.2010 kaikkien havaintopaikkojen yläpuolisten valuma-alueiden valuma oli keskimäärin vain noin 0,5 l/s km². Tämä oli selkeä alivirtaamtilanne.

Taulukko 4. Fosforikuormituksen laskennassa ja fosforimallitarkastelussa käytetyt keskeiset yhtälöt.

Laskentayhtälö	Yhtälöllä ratkaistava asia	Lisä-huomautukset
(1) $c_{\text{virt. pain. keskiarvo}} = (c_1 \times Q_1) + (c_2 \times Q_2) / (Q_1 + Q_2)$	järveen laskevan uoman veden virtaamapainotettu ainepitoisuus	
(2) $L = c_{\text{virt. pain. keskiarvo}} \times MQ_{2010}$	kunkin uoman kokonaiskuormitus (L) vuonna 2010, MQ = vuoden 2010 keskivirtaama	
(3) $R = 0,9 \times (c_i \times T) / (280 + c_i \times T)$	R = kokonaisfosforin nettosedimentaatiokerroin; se osuus järveen kohdistuvasta fosforin vuosikuormasta, joka lopullisesti sedimentoituu järven pohjaan. Soveltamisedot; järven keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus on korkeintaan 40 µg/l ja keskisyvyys vähintään 1 metri. $c_i = I/Q$, jossa I = fosforin vuosikuorma ja Q = MQ kyseiselle vuodelle. c_i on ns. sekoituspitoisuus, joka järvessä vallitsee, kun sedimentaatiota ei vielä ole ehtinyt tapahtua. T = järven teoreettinen viipymä = V/MQ. Yhtälö perustuu pohjimmitaan Michaelis-Mentenin ravinteiden (substraatin) ottokinetiikkaan.	Lappalainen 1977, Frisk 1989
(4) $c_{\text{laskennallinen, mallilla ennustettu}} / MQ = (1-R) I /$	järven laskennallinen keskimääräinen vuosikeskipitoisuus kokonaisfosforille, kun järveen tuleva ulkoinen fosforin vuosikuormitus tunnetaan luotettavasti.	Lappalainen 1977, Frisk 1978, 1990
(5) kokonaisfosforin luonnonhuuhtoutuma 5,0 kg/km ² /a	maankäytön suhteen luonnonalaisten valuma-alueiden fosforihuuhtoutuma, koko maan tutkimusalueiden keskiarvo. Tämä on huuhtoutuma lähivaluma-alueelta järveen. kaukovaluma-alueelle pidättyminen on huomioitu kertoimella 0,66	Kortelainen ym. 2003, Vesiensuojelun tavoiteohjelma 2005:n laskentaperusteet
(6) $I^* (\text{Input}) = 0,158 MQ / T (c^* T - 280 + \sqrt{78400 - 448 c^* T + c^*^2 T^2})$	I^* = järven fosforin sieto (suurin sallittu kuorma) (tn kok. P/a) c^* = suurin sallittu keskipitoisuus järvessä (mg/m ³)	Lappalainen 1977, Frisk 1978, 1989; yhtälö (6) perustuu täysin yhtälöihin (3) ja (4)
(7) $Y_A = 0,055 \times 0,635 \times (= q_s) = \text{hydraulinen pintakuorma (m/a)} = MQ (m^3/a) / A (m^2)$	Y_A = suurin sallittu kokonaisfosforin kuorma järven sietokykyä ylittämättä. Järven kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu yhtälössä 10 µg/l	Vollenweider & Dillon 1974, Granberg 1980
(8) $Y_D = 0,174 \times 0,469$	Y_D = järvelle vaarallinen kokonaisfosforin kuorma. Järven kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu yhtälössä 20 µg/l	Vollenweider & Dillon 1975, Granberg 1980



Kuva 3. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opiskelijat Tuomas Korhonen (vas.) ja Kimmo Miettinen mittaamassa havaintopaikan 52 virtaamaa 11.10.2010. Kuva: Tarmo Tossavainen.



Kuva 4. Tyypillinen viljelysmaanäkymä Kalliojärven valuma-alueella havaintopaikan 52 läheisyydessä 11.10.2010. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun maastoajoneuvo on lastattu kylmälaukkuihin sijoitetuilla vesinäytteillä. Kuva: Tarmo Tossavainen.

2 TULOKSET

2.1 TUTKIMUSALUEEN JÄRVIALTAIDEN VEDENLAATU VUONNA 2010

Kalliojärven alueen järvi- ja järvi-alueiden veden laadun havainnot vuonna 2010 on esitetty taulukossa 5. Uitonpuron havaintopaikan 224 veden laatu edustaa kohtuullisen hyvin Pitkälampi-Sorsajärven veden laatua (katso myös kuva 2). Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen henkilökunta (maastoryhmänjohtaja Aimo Sykkö) otti vesinäytteet 13.04.2011 jääpeitteen vielä vallitessa tutkimuskohteissa. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun opettaja Tarmo Tossavainen otti tutkimuskohteiden vesinäytteet 26.-27.04. ja 11.10.2010 sekä toimitti ne välittömästi Suomen Ympäristökeskuksen Joensuun ympäristölaboratorion analysoitavaksi. Kasviplanktonin perustuotantoa ensisijaisesti rajoittava ravinne, eli ns. minimiravinne, havaintopaikoittain ja -ajoittain ilmenee taulukosta 6.

Taulukko 5. Tutkimusalueen järvi-altaiden ja niiden lasku-uomien eräät vedenlaadun ominaisuu-
det vuonna 2010. Havaintopaikkojen jäänpaksuus vaihteli 0,47...0,52 metriä 13.04.2010.

Havaintopaikka (kokonaissyvyys)	Havainto- ajankohta	Näyte- syvyys (m)	NH ₄ ⁺ -N (µg/l)	NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ -N (µg/l)	Kok. N (µg/l)	O ₂	PO ₄ ³⁻ -P (µg/l)	Kok. P (µg/l)
Patojärvi-Kalliojär- ven luusua eli Puro 52 (0,8 m)	13.04.2010	..	360	990	2400	4,4 mg/l, 31 %	130	200
	26.04.2010	..	28	220	1200	..	22	93
	11.10.2010	..	3	<5	1200	..	34	110
Pitkälähti 53 (1,8 m)	13.04.2010	1,0	410	36	1400	<0,2 mg/l, < 2 %	200	270
Uitonpuro 224	27.04.2010	..	13	190	1000	..	12	82
Uitonpuro 224	11.10.2010	..	49	50	890	..	13	59
Pohjajärvi 54 (8,8 m)	13.04.2010	1,0	<2	580	1200	0,4 mg/l, 3 %	10	34
		7,8	3200	<5	3900	<0,2 mg/l, < 2 %	1000	1000

Taulukko 6. Tutkimusalueen järvi-altaiden minimiravinnetarkastelu vuoden 2010 veden laadun
havaintojen perusteella. Minimiravinne tarkoittaa perustuotannon, kuten kasviplanktonin, kasvua
ensisijaisesti rajoittavaa ravinnetta.

Havaintopaikka (kokonaissyvyys)	Havainto- ajankohta	Näyte- syvyudet (m)	Kokonais-ravin- teiden suhde*	Mineraali-ravin- teiden suhde*	Ravinteiden tasapaino- suhde*
Patojärvi-Kalliojärven luusua eli Puro 52 (0,8 m)	13.4.2010	..	12; minimiravinne on N tai P	10; minimiravin- ne on N tai P	1,2; minimira- vinne on N tai P
	26.4.2010	..	13; minimiravinne on N tai P	11; minimiravin- ne on N tai P	1,1; minimira- vinne on N tai P
	11.10.2010	..	11; minimiravinne on N tai P	0,2; minimiravin- ne on N	47,4; minimira- vinne on N
Pitkälähti 53 (1,8 m)	13.4.2010	1	5; minimiravinne on N	2; minimiravinne on N	2,3; minimira- vinne on N
Uitonpuro 224	27.4.2010	..	12; minimiravinne on N tai P	17; minimiravin- ne on P	0,7; minimira- vinne on P
Uitonpuro 224	11.10.2010	..	15; minimiravinne on N tai P	8; minimiravinne on N tai P	2; minimiravin- ne on N
Pohjajärvi 54 (8,8 m)	13.4.2010	1 ja 7,8	5; minimiravinne on N	4; minimiravinne on N	1,3; minimira- vinne on N

*Ravinnesuhteiden laskentayhtälöt; esim. Tossavainen 2010.

2.2 VEDENLAATU, VIRTAAMAT JA KUORMITUS KALLIOJÄRVI-PATOJÄRVI -ALUEELLA

Kalliojärvi-Patojärven laskevien uomien vedenlaadun ja virtaamisen havainnot vuonna 2010 on esitetty taulukoissa 7, 8 ja 10. Lisäksi taulukosta 9 ilmenevät suoraan Uitonpuroon laskevan ojan 222 ja koko tutkimusalueelta lähtevän havaintopaikan 52 veden laadun ja virtaaman havainnot vuonna 2010.

Taulukko 7. Kokonaisfosforin pitoisuudet ja virtaamat Valtimon kunnassa sijaitsevan Kalliojärven - Patojärven alueella 26.-27.04.2010.

Järveen laskeva uoma (havaintopaikka)	Uoman yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala (km ²)	Q _{26.-27.04.2010} (l/s)	Kok. P (µg/l) (luonnehdinta pitoisuudesta)
Uitonpuro 224	4,933	186,32	82 (korkeahko)
Oja 215	0,733	23,2	52 (kohonnut)
Oja 216	0,228	11,8	51 (kohonnut)
Pahaoja 217	2,176	84,6	150 (korkea)
yhteensä	8,070	305,92	..

Taulukko 8. Kokonaisfosforin pitoisuudet ja virtaamat Valtimon kunnassa sijaitsevan Kalliojärven - Patojärven alueella 11.-12.10.2010.

Järveen laskeva uoma (havaintopaikka)	Uoman yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala (km ²)	Q (l/s)	Kok. P (µg/l) (luonnehdinta pitoisuudesta)
Uitonpuro 224	4,933	2,442	59 (kohonnut)
Oja 215	0,733	0,24	49 (lievästi kohonnut)
Oja 216	0,228	..	..
Pahaoja 217	2,176	1,44	200 (korkea)
yhteensä	8,070	4,122	..

Taulukko 9. Tutkimusalueen muiden havaintopaikkojen virtaamien ja kokonaisfosforipitoisuuksien havainnot Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulun tekemässä työssä vuonna 2010.

Havaintopaikka	Uoman yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala (km ²)	Havaintoajan-kohta	Q (l/s)	Kok. P (µg/l) (luonnehdinta pitoisuudesta)
Oja 222	0,403	27.04.2010	17,1	97 (korkea)
		11.10.2010	0,26	39 (pienehkö)
Puro 52	10,16	26.04.2010	609	93 (korkea)
		11.10.2010	31,6	110 (korkea)

Taulukko 10. Kalliojärvi-Patojärveen laskevien uomien vesien virtaamapainotetut kokonaisfosforin keskipitoisuudet sekä kokonaisfosforikuormitus vuonna 2010.

Uoma (valuma-alueen ala)	Kok. P-keskipitoisuus virtaamapainotettu 2010 (µg/l)	Kok. P-kuorma vuonna 2010 (kg)	Osuus kokonaiskuormasta (%)
Uitonpuro 224 (4,933 km ²)	81,7 (korkea)	129,6	50,1
Oja 215 (0,733 km ²)	52 (kohonnut)	12,3	4,8
Oja 216 (0,228 km ²)	51 (kohonnut)	3,7	1,4
Pahaoja 217 (2,176 km ²)	151 (korkea)	105,7	40,8
laskeuman mukana*	..	7,6	2,9
yhteensä	..	258,9	100,0

*Laskentaperuste: Vuorenmäe ym. (2001): sekä Kuopion että Naarvan (Ilomantsi) havaintoasemien kokonaisfosforin kokonaislaskeuma vuonna 1998 oli 23 mg/m².

2.3 KALLIOJÄRVI-PATOJÄRVEN FOSFORIMALLITARKASTELU

Kalliojärven fosforimallitarkastelun yhteenveto on koottu taulukkoon 11. Tarkastelussa on käytetty Lappalaisen ja Vollenweiderin malleja (taulukko 4).

Taulukko 11. Yhteenveto Kalliojärven fosforimallitarkastelusta.

Kalliojärveen tuleva kokonaisfosforin vuosikuorma	Kokonaisfosforin pidättymiskerroin	Ennustettu eli mallitarkasteluun perustuva laskennallinen järven kokonaisfosforin pitoisuus	Todellinen, havaittu kok. P-pitoisuus v. 2010
Havaintoihin perustuva 264,7 kg v. 2010	15,7 % (malli Lappalainen)	67 µg/l*	134 µg/l (= havaintojen 93 µg/l, 110 µg/l ja 200 µg/l keskiarvo)
Luonnontilaisen Kalliojärven kuorma 33,3 kg	2,4 % (malli Lappalainen)	10 µg/l*	..
Mesotrofisen Kalliojärven kuorma (malli Lappalainen*) 145 kg		40 µg/l*	..
Malli Vollenweider:			
hyväksyttävä kuorma 78 kg	..	10 µg/l	..
vaarallinen kuorma 169 kg	..	20 µg/l	..

*Lappalaisen mallin soveltuvuuden ehto; järven keskisyvyyden on oltava vähintään 1 metri. Kalliojärvi (keskisyvyys 0,6 metriä) ei täytä tätä ehtoa.

2.4 VEDENLAATU, VIRTAAMAT JA KUORMITUS PITKÄLAHTI-SORSAJÄRVI-ALUEELLA VUONNA 2010

Pitkälahti-Sorsajärveen laskevien uomien veden laatu ja määrä tutkittiin Kalliojärvi-Patojärven tavoin huhti- ja lokakuussa 2010 (taulukot 12,13 ja 14).

Taulukko 12. Kokonaisfosforipitoisuudet ja virtaamat Valtimon kunnassa sijaitsevan Pitkälähden - Sorsajärven alueelle 26.-27.04.2010.

Järveen laskeva uoma (havaintopaikka)	Uoman yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala (km ²)	Q _{26.-27.04.2010} (l/s)	Kok. P (µg/l) (luonnehdinta pitoisuudesta)
Pohjajoki 221	2,842	107,34	55 (kohonnut)
Oja 223	0,156	0,8	130 (korkea)
Oja 218	0,026	0,4	170 (korkea)
Oja 219	0,057	4,8	140 (korkea)
Oja 220	0,162	5,3	160 (korkea)
yhteensä	3,243	118,64	..

Taulukko 13. Kokonaisfosforipitoisuudet ja virtaamat Valtimon kunnassa sijaitsevan Pitkälähden - Sorsajärven alueelle 11.-12.10.2010.

Järveen laskeva uoma (havaintopaikka)	Uoman yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala (km ²)	Q _{11.-12.10.2010} (l/s)	Kok. P (µg/l) (luonnehdinta pitoisuudesta)
Pohjajoki 221	2,842	1,407	45
Oja 223	0,156	..	..
Oja 218	0,026	..	..
Oja 219	0,057	..	..
Oja 220	0,162	..	..
yhteensä	3,243	1,407	..

Taulukko 14. Pitkälahti-Sorsajärveen laskevien uomien vesien virtaamapainotetut kokonaisfosforin keskipitoisuudet sekä kokonaisfosforikuormitus vuonna 2010.

Uoma (valuma-alueen ala)	Kok. P-keskipitoisuus virtaamapainotettu 2010 (µg/l)	Kok. P-kuorma vuonna 2010 (kg)	Osuus kokonaiskuormasta (%)
Pohjajoki 221 (2,842 km ²)	54,9	50,2	65,6
Oja 223 (0,156 km ²)	130	6,5	8,5
Oja 218 (0,026 km ²)	170	1,4	1,8
Oja 219 (0,057 km ²)	140	2,6	3,4
Oja 220 (0,162 km ²)	160	8,3	10,8
*laskeuman mukana	..	7,6	9,9
yhteensä	..	76,6	100,0

*Laskentaperuste: Vuorenmaa ym. (2001): sekä Kuopion että Naarvan (Ilomantsi) havaintoasemien kokonaisfosforin kokonaislaskeuma vuonna 1998 oli 23 mg/m².

2.5 PITKÄLAHTI-SORSAJÄRVEN FOSFORIMALLITARKASTELU

Sorsajärvi-Pitkälähden fosforimallitarkastelussa käytettiin Lappalaisen ja Vollenweiderin malleja Kalliojärvi-Patojärven tavoin (ks. tarkemmin taulukko 4). Tarkastelun yhteenveto on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Yhteenveto Sorsajärvi-Pitkälähden fosforimallitarkastelusta.

Sorsajärvi-Pitkälähden tuleva kokonaisfosforin vuosikuorma	Kokonaisfosforin pidätyökerroin (= nettosedimentaatiokerroin)	Ennustettu eli mallitarkasteluun perustuva laskennallinen järven kokonaisfosforin pitoisuus	Todellinen, havaittu kok. P-pitoisuus v. 2010
Havaintoihin perustuva 77 kg v. 2010	27,4 % (malli Lappalainen*)	40 µg/l	137 µg/l (havaintojen 270 µg/l, 82 µg/l ja 59 µg/l keskiarvo)
Luonnontilaisen Sorsajärvi-Pitkälähden kuorma 21 kg	10 % (malli Lappalainen*)	14 µg/l	..
Mesotrofisen Sorsajärvi-Pitkälähden kuorma (malli Lappalainen*) 77 kg	27,4 % (malli Lappalainen*)	40 µg/l	..
Malli Vollenweiderin sovellus:			
hyväksyttävä kuorma 46 kg	..	10 µg/l	..
vaarallinen kuorma 113 kg	..	20 µg/l	..

*Lappalaisen mallin soveltuvuusehto; järven keskisyvyyden on oltava vähintään 1 metri. Sorsajärvi-Pitkälähti (keskisyvyys 0,79 metriä) ei aivan täytä tätä ehtoa.

3 TULOSTEN TARKASTELU

3.1 JÄRVIALTAIDEN VEDENLAATU

Tutkimusalueen jokaisen kolmen järvaltaan happitilanne oli erittäin heikko vuoden 2010 havaintojen perusteella (taulukko 5). Tämän vuoksi ravinteiden vapautuminen pohjasedimentistä oli ainakin ajoittain erittäin voimakasta kaikissa näissä järvissä. Kokonaisfosforin ja -typen pitoisuudet olivat lähes kaikkina havaintoajankohtina eutrofisten eli rehevien järvien suuruusluokkaa ja ajoittain hypereutrofisille järville tyypillisiä (kok. P yli 100 µg/l ja kok. N yli 1500 µg/l) (taulukko 5). Esimerkiksi Pohjajärven sisäinen kuormitus oli todella rajua 13.4.2010; alusveden kokonaisfosforin pitoisuus (1000 µg/l) oli noin 30-kertainen päällysveteen (34 µg/l) verrattuna. Tällaista harvoin tapaa Pohjois-Karjalan järvissä. Tuolloin myös kokonaistypen pitoisuus (3900 µg/l) alusvedessä oli erittäin suuri. Pääosa siitä (3200 µg/l) oli hapettomissa oloissa esiintyvää myrkyllistä ammoniumtyyppiä.

Edellä mainittu kokonaisfosforin huippupitoisuus (1000 µg/l) oli kokonaisuudessaan kasviplanktonille (= pienet levät) ja makrofyyteille (= isot vesi- ja rantakasvit) välittömästi käyttökelpoista fosfaattifosforia. Todella voimakkaan sisäisen kuormituksen vuoksi nämä kaikki järvet ikään kuin lannoittavat itse itseään. Kaikki pohjasta vapautuneet ravinteet, niin fosfori kuin typpi, ovat viimeistään kevättäyskierron jälkeen levien ja makrofyyttien käytössä.

Vuoden 2010 havaintojen perusteella perustuotantoa ensisijaisesti rajoittava ravinne oli erittäin vaihtelevasti joko typpi tai fosfori tai nämä molemmat yhtäaikaan (taulukko 6). Tämä on tyypillistä hyvin reheville järville.

3.2 VALUMAVEDEN LAATU JA KUORMITUS

Kalliojärvi-Patojärveen laskevista uomista Uitonpuron (havaintopaikka 224) ja Pahaojan (217) kokonaisfosforin pitoisuudet (59...200 µg/l) olivat korkeita sekä keväällä että syksyllä 2010 (taulukot 7 ja 8). Näiden molempien havaintopaikkojen yläpuoliset valuma-alueet muodostavat pääosan (noin 70 %) koko Kalliojärvi-Patojärven valuma-alueesta (10,16 km²). Siten myös fosforin virtaama eli kuormitus oli todella merkittävää näiltä osavaluma-alueilta. Niiden osuus Kalliojärvi-Patojärveen kohdistuneesta ulkoisesta kokonaisfosforikuormasta vuonna 2010 oli noin 90 % (taulukko 10).

Pitkälahti-Sorsajärveen laskevien pienten valuma-alueiden uomien 218, 219, 220 ja 223 kokonaisfosforin pitoisuudet (130...160 µg/l) olivat korkeita (taulukko 12). Näiden uomien osuus Pitkälahti-Sorsajärven fosforin kokonaiskuormasta vuonna 2010 oli noin neljäsnes (taulukko 14). Pinta-alaltaan ylivoimaisesti merkittävimmältä Pohjajoen kaukovaluma-alueelta tullutta vettä voidaan luonnehtia kokonaisfosforipitoisuudeltaan (45...55 µg/l) lievähkösti reheväksi (taulukot 12 ja 13). Pohjajoen valuma-alueen osuus Pitkälahti-Sorsajärven fosforin vuosikuormasta 2010 oli noin 2/3 (taulukko 14).

3.3 FOSFORIMALLITARKASTELU

3.3.1 KALLIOJÄRVI-PATOJÄRVI

Kalliojärvi-Patojärven ulkoinen kokonaisfosforin kuorma (noin 265 kg) vuonna 2010 ylittää järven sietokyvyn vähintään noin 100 kilogrammalla. Sallitun vuotuisen kokonaisfosforikuormituksen yläraja on Lappalaisen mallilla arvioituna (145 kg) samaa suuruusluokkaa Vollenweiderin malliin (169 kg) verrattuna (taulukko 11). Tämä sietokyky tarkoittaa sitä suurinta sallittua vuotuista järveen kohdistuvaa kokonaisfosforin kuormitusta, jolla järvi pysyttelee korkeintaan niukasti rehevöityneellä eli mesotrofisella tuotantotasolla. Tällöin järven fosforin pidätysmekanismi toimii vähintään tyydyttävästi, ja sisäisen eli pohjasedimentistä mobilisoituvan fosforin määrä on vuositasolla suhteellisen pieni ulkoiseen eli valtaosin valuma-alueelta tulevaan kuormitukseen verrattuna.

Nykyisessä Kalliojärvi-Patojärven rehevyystilanteessa tämä järven sietokyky on pahoin ylitetty. Valuma-alueelta tuleva kuormitus on aivan liian suuri ja lisäksi järven sisäinen kuormitus on erittäin merkittävää. Voimakas järveden kokonaisfosforipitoisuuden (93...200 µg/l) heilahtelu jatkuvasti hypereutrofisella tasolla ilmentää epävakaata ekosysteemin rakennetta ja äärimmäistä rehevöitymistä. Epävakaata ekosysteemin rakenne merkitsee yleisesti heikkoja ravinteiden ja energian säätelymekanismeja tai niiden puuttumista. Näitä ovat vesiekosysteemissä esimerkiksi kasviplanktonin ja eläinplanktonin, eläinplanktonin ja niitä syövän kalaston sekä planktonsyöjäkalaston ja petokalaston keskinäiset suhteet. Perussyä tähän ekosysteemin tasapainottomuuteen on siis joko aikoinaan vallinneessa ja mahdollisesti edelleen vallitsevassa korkeassa ravinteiden ja orgaanisen aineksen kuormituksessa, joka on peräisin valuma-alueelta.

On oleellista huomata, että voimakkaan sisäisen kuormituksen alkuperä on kohonneessa valuma-alueen kuormituksessa. Valuma-alueelta tulee ravinteita ja happea kuluttavaa orgaanista ainesta suoraan pohjaan (alloktoninen aines) ja toisaalta tämä ravinnekuorma kohottaa järven omaa tuotantoa (autoktoninen aines), joka (etenkin levä- ja makrofyyttimassa) pohjaan kertyessään pahentaa sisäisen kuormituksen riskiä.

3.3.2 PITKÄLAHTI-SORSAJÄRVI

Pitkälahti-Sorsajärven ulkoinen fosforikuormitus (noin 77 kg) vuonna 2010 oli melko maltillista suuruusluokkaa. Sen perusteella järven fosforikuorma oli jopa lähes hyväksyttävän sietokyvyn rajoilla. Lappalaisen mallilla mesotrofiaa edustava vuosikuorma on 77 kg ja Vollenweiderin mallilla tämä sietokyvyn yläraja on noin 113 kg kokonaisfosforia vuodessa (taulukko 15).

Kuitenkin vuoden 2010 aikana mitatut Sorsajärvi-Pitkälähden veden kokonaisfosforipitoisuudet (59...270 µg/l) vaihtelivat erittäin voimakkaasti ja ilmensivät selkeää eutrofiaa sekä voimakasta hypereutrofiaa. Tämä aiheutuu vähintäänkin ajoittain erittäin merkittävästä sisäisestä kuormituksesta. Vaikka nykyinen ulkoinen kuormitus näyttääkin olevan lähes maltillisella tasolla, niin aiempina vuosina ja vuosikymmeninä Sorsajärvi-Pitkälähden pohjaan akkumuloitunut massiivinen orgaanisen aineksen ja ravinteiden kuormitus pitää yllä järven ajoittaista hypereutrofiaa. Ravinteet, etenkin fosfori, vaatii riittävän hapekkaan pohjasedimentin, jotta se pysyisi järven pohjassa eikä vapautuisi vesimassaan kiihdyttämään rehevöitymistä. Voimakkaasti liettyneessä järven pohjassa tämä fosforin sedimentaatio toimii heikosti ja ajoittain ei lainkaan, järven kerrosteisuusjaksosta riippuen.

Kaukovaluma-alueella sijaitseva Pohjajärvi toimii kohtalaisena kuormituksen sedimentaatio-altaana, joten vain osa Pohjajoen valuma-alueen kuormasta pääsee Pitkälahti-Sorsajärveen. Kuitenkin Pohjajärven sedimentti on selkeässä mätänemistilassa ainakin talvikerrosteisuuden loppuvaiheessa (vrt. tulokset 13.4.2010; taulukko 5). Siten ajoittaiset ravinteiden kuormitushuiput Pohjajärvestä Pitkälahti-Sorsajärveen ovat mahdollisia.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Valtimon kunnassa sijaitsevat Kalliojärven alueen järivialtaat Kalliojärvi-Patojärvi, Pitkälähti-Sorsajärvi ja Pohjajärvi ovat matalia ja pahoin rehevöityneitä, ajoittain hypereutrofisia ja hapettomuudesta kärsiviä järviä. Pohjajärvi laskee Pohjajokea myöten Pitkälähti-Sorsajärveen, joka purkaa vetensä Uitonpuron kautta Kalliojärvi-Patojärveen.

Erityisesti Kalliojärvi-Patojärveen kohdistuu huomattavan suuri valuma-alueen ravinnekuormitus. Sen vuotuisen fosforikuormituksen sietokyky ylittyy noin 50..80 %. Pitkälähti-Sorsajärveen tuleva fosforikuormitus on lähes maltillista suuruusluokkaa, lähellä mesotrofiaa ilmentävää kuormituksen sietorajaa. Pohjajärven ulkoista kuormitusta ei nyt tutkittu, joten sitä ei tunneta.

Maatalous ja haja-asutus ovat keskeiset järvien ulkoiset kuormittajat. Metsätalouden merkitys on suhteellisen vähäinen. Sekä fosforin että typen kuormitus on korkea. Nämä molemmat ravinteet säätelevät järvien perustuotantoa, joten niiden kuormien pienentäminen järvien tilan kohentamiseksi on oleellisen tärkeää.

Tutkimusalueen kaikki kolme järveä ovat vaikeassa sisäisen kuormituksen tilassa. Sisäisen kuormituksen alkuperä on korkeassa valuma-alueen kuormituksessa, joten menneisyyden korkea ulkoinen kuormitus vaikuttaa ratkaisevasti myös heikkoon järvien nykytilaan.

Kalliojärvi-Patojärven ja Pitkälähti-Sorsajärven kunnostus on erityisen haastavaa voimakkaan ulkoisen ja sisäisen kuormituksen vuoksi. Maastotarkastelumme yhteydessä lokakuussa 2010 kirjassimme lukuisia mahdollisia vesiensuojeluteknisten rakenteiden (kosteikot, pintavalutuskentät, pohjapadot, laskeutusaltaat) paikkoja lähes jokaisen järviin laskevan uoman osavaluma-alueella (LIITE 2). Erittäin alustavasti ja karkeasti arvioituna näillä voitaisiin vähentää järviin tulevaa kiintoaineen, kokonaisfosforin ja ehkä kokonaistypenkin vuosikuormaa noin kolmanneksella. Tutkimusalueen maasto on enimmäkseen varsin kaltevaa, joten nimenomaan yleisesti tehokkaimmiksi tiedetyille vesiensuojeluteknisille rakenteille kosteikoille ja pintavalutuskentille voisi olla useitakin mahdollisuuksia.

Järvien viipymä on lyhyt; Patojärvi-Kalliojärvellä vajaa kuukausi ja Pitkälähti-Sorsajärvellä runsaat kaksi kuukautta. Tämä saattaisi hyvin lievästi helpottaa järvien kuntoutumista, mikäli va-

luma-alueelta tulevaan kuormitukseen puututtaisiin todella tomerasti. Kuitenkin vuoden 2010 mittaustulosten perusteella järvien sisäinen kuormitus on niin voimakasta, että järvien pohjiin on akkumuloitunut erittäin huonokuntoista, ts. happea kuluttavaa orgaanista ja ravinnepitoista sedimenttiä. Järvien mataluuden vuoksi sedimentin määrä ja laatu voidaan kätevästi selvittää kenttä- ja laboratoriotutkimuksilla. Tämä selvittäisi toisen oleellisen tekijän, itse järvien ja nimenomaan kohtalonkysymyksen - pohjasedimentin - tilan, kunnostusmahdollisuuksien kartoittamisessa nyt tutkitun ulkoisen kuormituksen lisäksi.

5 LÄHTEET

Frisk, T. 1978. Järvien fosforimallit. Vesihallituksen tiedotus nro 146. Helsinki. 106 sivua.

Frisk, T. 1989. Development of mass balance models for lakes. National Board of Waters and the Environment. Helsinki. 63 p.

Kautonen, T. ja Tossavainen, T. 2011. Kalliojärven kiintoainekuormitus vuonna 2010. Raporttiluonnos 14.01.2011. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Joensuu. 18 sivua.

Korhonen, K., Korhonen, T., Limatius, M. ja Tossavainen, T. 2011. Kalliojärven kokonaistyyppikuormitus vuonna 2010. Raporttiluonnos 14.01.2011. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Joensuu. 13 sivua.

Kortelainen, P., Finer, L., Mattson, T., Ahtiainen, M., Sallantausta, T., Kubin, E. ja Saukkonen, S. 2003. Luonnonhuuhtoutuma metsäisiltä valuma-alueilta. Julkaisussa. Finer, L., Lauren, A., ja Karvinen, L. (toim.) 2003. Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta - tutkimustietoa ja työkaluja - seminaari Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2002. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja nro 886, Joensuun tutkimuskeskus. Sivut 17-23.

Koskela, L., Nevalainen, A., Väisänen, V. ja Tossavainen, T. 2011. Kalliojärven nitraatti- ja nitriittitypen kuormitus vuonna 2010. Raporttiluonnos 14.01.2011. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Joensuu. 22 sivua.

Lappalainen, K. M. 1977. Matemaattisia apukeinoja vesistötutkimuksen tulosten käsittelyyn. Julkaisussa: Lehmusluoto, P. O. (toim.). 1977. Fysikaaliset ja kemialliset analyysimenetelmät. Vesi- ja kalatalousmiehet ry. Sivut 107-121.

Lappalainen, K. M., Niemi, J. & Kinnunen, K. 1979. A phosphorus retention model and its application to Lake Päijänne. In: Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland, No. 34, p. 60-67.

Räty, K. ja Tossavainen, T. 2011. Kalliojärven kuormitustutkimuksen aineiston tilastollinen tarkastelu. Raporttiluonnos 14.01.2011. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Joensuu. 10 sivua.

Tiainen, A., Piironen, J., Räty, K. ja Tossavainen, T. 2011. Kalliojärven ammoniumtyyppikuormitus vuonna 2010. Raporttiluonnos 14.01.2011. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Joensuu. 19 sivua.

Tossavainen, T. 2010. Limnologian luentomoniste opintojaksolle AY 6201. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Joensuu. Huhtikuu 2010.

Vollenweider, R. A. & Dillon, P. J. 1974. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. Canada Centre for Inland Waters. 42 p.

LIITTEET

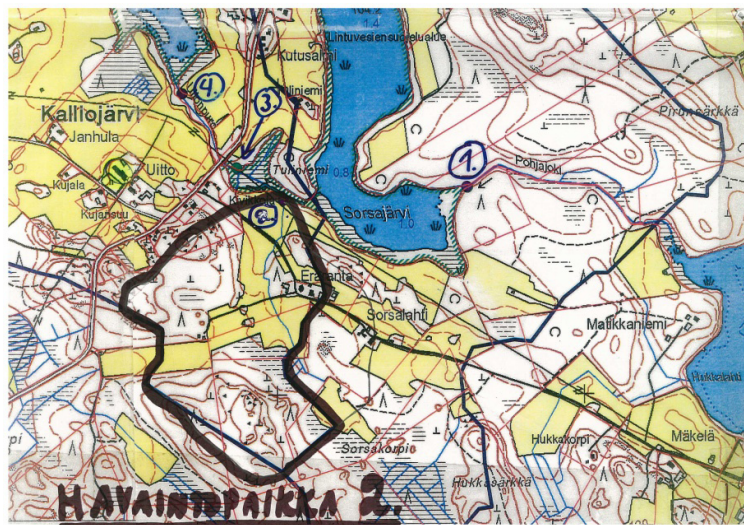
LIITE 1. HAVAINTOPAIKKOJEN YLÄPUOLISTEN VALUMA-ALUEIDEN
KARTAT 1-10

LIITE 2. TUTKIMUSALUEEN ALUSTAVAT VESIENSUOJELUTEKNISET
RAKENTEET

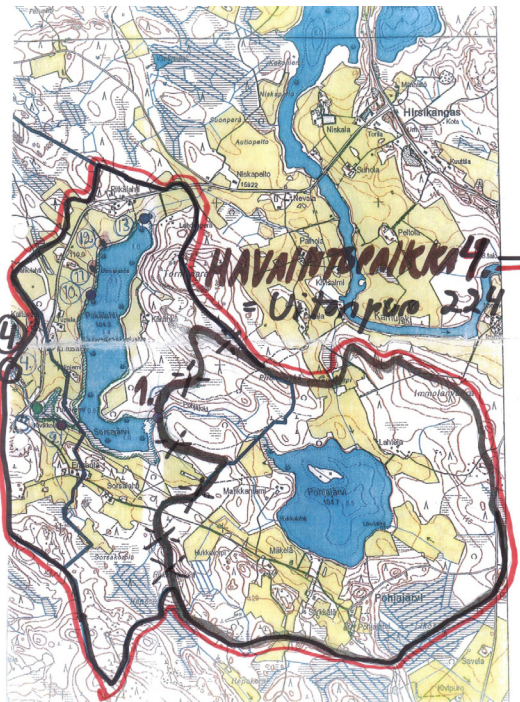
LIITE 1. Kalliojärven tutkimusalueen vedenlaadun ja virtaamien havaintopaikkojen yläpuoliset valuma-alueet, valuma-alerajaukset on tehty ns. kirjoituspöytätyönä, joten rajoja ei ole toistaiseksi tarkastettu maastossa.



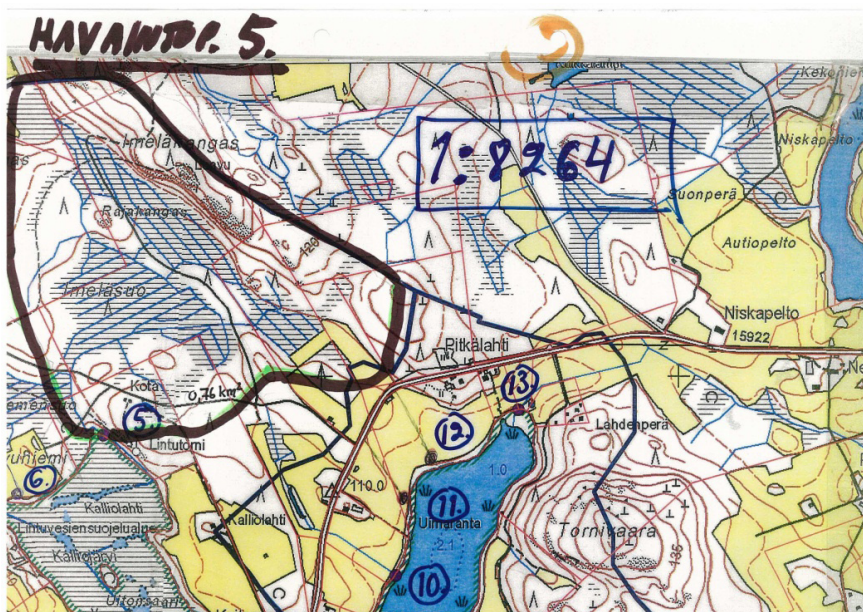
Kuva 1/10. Havaintopaikan "Pohjajoki 221" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



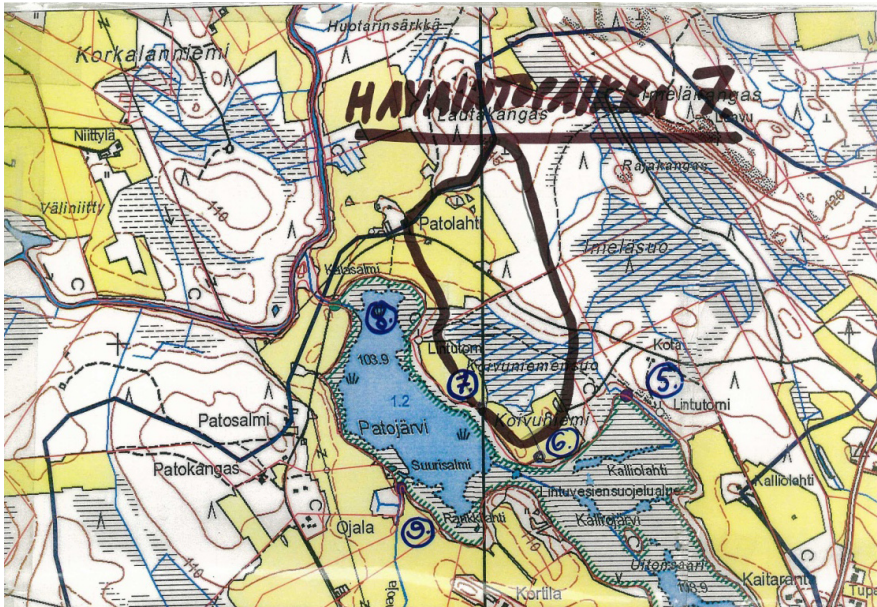
Kuva 2/10. Havaintopaikan "Oja 222 Uitonpuroon" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



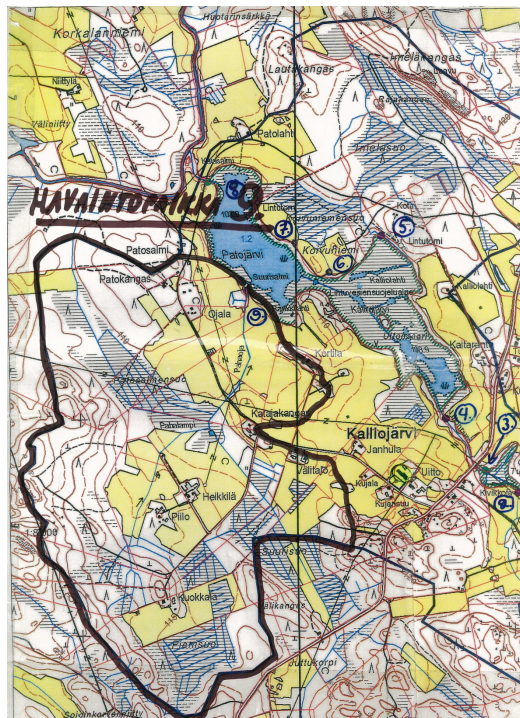
Kuva 3/10. Havaintopaikan "Uitonpuro 224" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



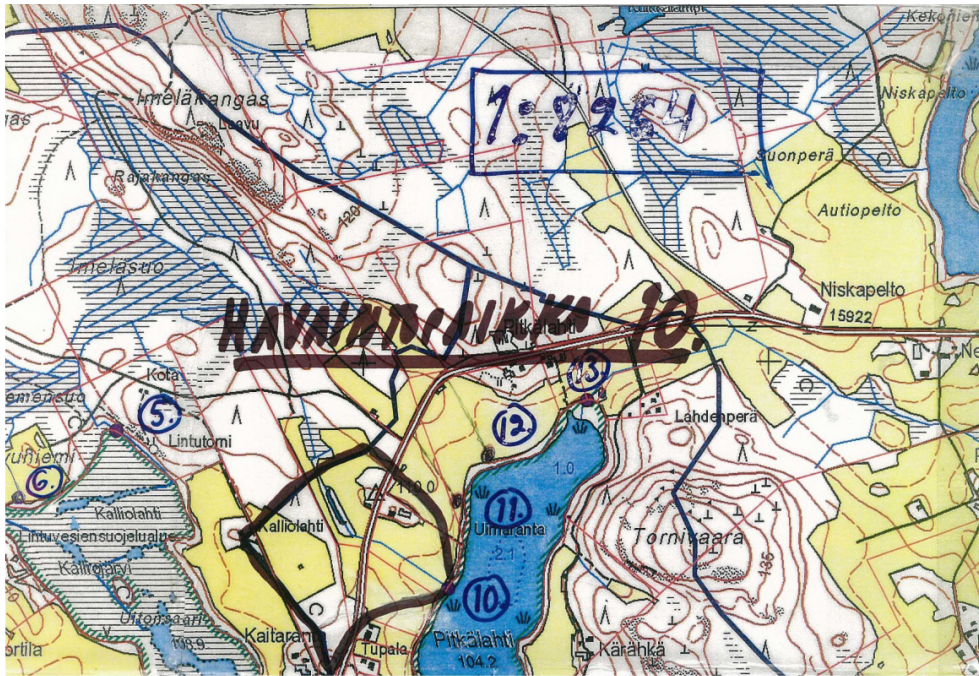
Kuva 4/10. Havaintopaikan "Oja 215 Kalliolahteen" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



Kuva 5/10. Havaintopaikan "Oja 216 Koivuniemeen" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



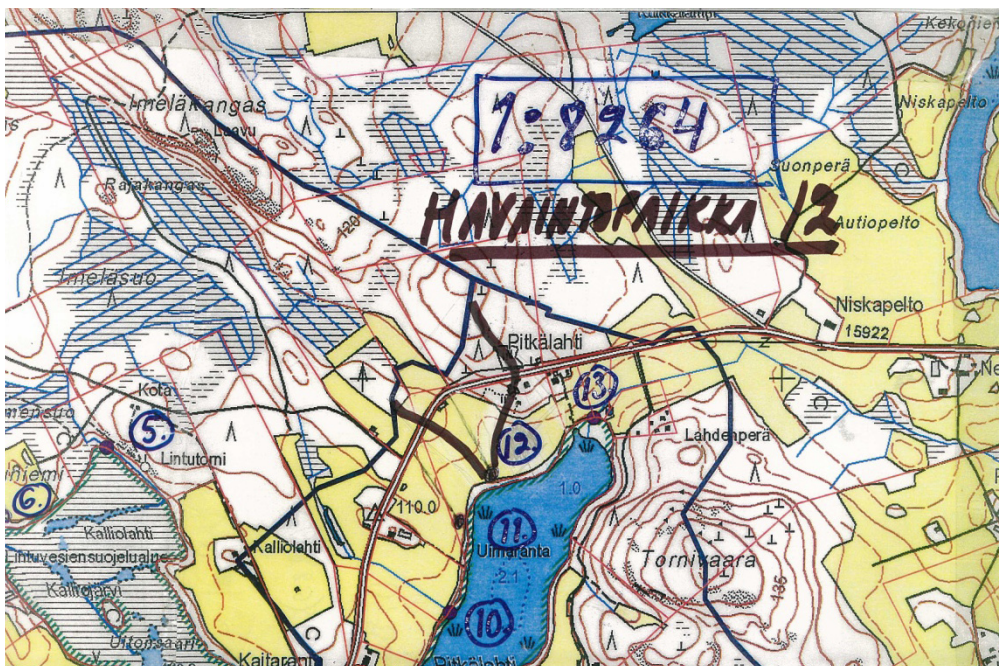
Kuva 6/10. Havaintopaikan "Pahaoja 217" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



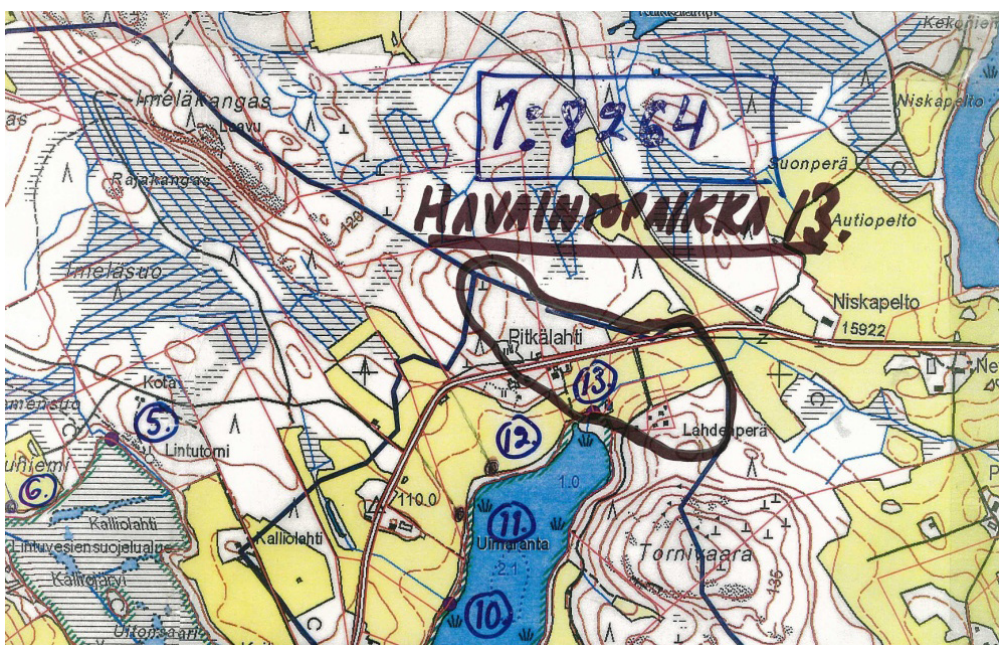
Kuva 7/10. Havaintopaikan "Oja 223 Pitkälähteen" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



Kuva 8/10. Havaintopaikan "Pelto-oja 218 Pitkälähteen" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



Kuva 9/10. Havaintopaikan "Pelto-oja 219 Pitkälähteen" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.



Kuva 10/10. Havaintopaikan "Oja 220 Pitkälähteen" yläpuolinen valuma-alue. ©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/10.

LIITE 2. Kalliojärven valuma-alueelle 11.-12.10.2010 alustavasti suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet ja niiden karkeasti arvioitu kokonaisfosforin pidätystehokkuus.

Kohde	Toimenpiteet ja arvioitu pidätystehokkuus	Lisätietoja
Pohjajoki 221 Sorsajärveen laskeva, yläjuoksu;	kosteikko, pohjapatoja koko luusuaan; 10...20 %	mahdoll. Pohjajärven vedenpinnan nosto
oja 222 Uittopuroon laskeva	pohjapatoja, pajupistokkaita; 10...20 %	
oja 215 Kalliojärveen laskeva	kosteikko, pintavalutuskenttä, 20...30 %	
oja 216 Patojärveen laskeva	kosteikko, (0,5 ha); muutamia kymmeniä %	
luusua 52		mahdoll. Kalliojärven vedenpinnan nosto
Pahaoja 217	kosteikko alajuoksulle, kunnon allas Pahalammen kohdille, kosteikkomahdollisuus? vaaittava (tässäkin tap.); 20....%	
Oja 223 Pitkälähteen	kosteikko (noin 1000 m2) yläjuoksulle, rantaan pajupistokkaita ja pohjapatoja; muutamia kymmeniä %	
Oja 218 Pitkälähteen (valuma-alue jatkunee ylemmälle!)	pohjapatoja, pajupistokkaita; 20%	
Oja 219 Pitkälähteen	pohjapatoja, pistokkaita 20%	
Oja 220 Pitkälähteen	pintavalutuskenttä; 30%	

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULUN C-SARJASSA ILMESTYNEITÄ JULKAISUJA

C:51

Juuret Wärtsilän raudassa. Insinööriopintua 50 vuotta. 2011.

C:50

Esiselvitys harjoittelu- ja työtilahotellin toteuttamisesta Joensuun seudulla. Teemu Turunen, Tuomas Turunen, Niina Hattunen. 2011.

C:49

Ageing in working life. Waltteri Berger, Ossi Hakkarainen, Juhana Ikonen, Pia Karjalainen, Sanna Sokura, Sonja Sorsa. 2011.

C:48

Luovat alat Pohjois-Karjalassa. Henna Liiri. Niina Hattunen, Maria Kahreman (toim.). 2011.

C:46

HOME CARE 24h : Strengthening Competences and Renewing Operations Models. Henna Myller (toim.). 2011.

C:45

Kansainvälistyvä Pohjois-Karjala. Anneli Airola. 2011.

C:44

Työhyvinvoinnin ja ergonomian kehittäminen yhteys- ja palvelukeskustoimialalla. Riitta Makkonen ja Pilvi Purmonen (toim.). 2011.

C:43

KOTIHOITO24h : osaamisen vahvistumista ja toimintamallien uudistumista. Henna Myller (toim.). 2011.

C:42

Muutosjohtaminen, osaamisen johtaminen ja esimiestyö yhteys- ja palvelukeskusalalla. Riitta Makkonen ja Pilvi Purmonen (toim.). 2010.

C:41

Monikulttuurisista kohtaamisista innostavaan ikäosaamiseen. Ritva Väistö (toim.). 2010.

Julkaisumyynti

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Tikkarinne 9 A, 80200 Joensuu

julkaisut@pkamk.fi

<http://www.tahtijulkaisut.net>

<http://www.pkamk.fi/julkaisut>

Valtimon kunnassa Ylä-Karjalassa sijaitsevan Kalliojärven vesistöalue koostuu kolmesta järvestä: Kalliojärvi-Patojärvestä, Pitkälähti-Sorsajärvestä ja Pohjajärvestä. Vesistöalue purkaa vetensä pohjoiseen Pieliseen, Vuoksen vesistöön.

Kalliojärvi-Patojärven ja Pitkälähti-Sorsajärveen tulevan kokonaisfosforikuormitus selvitettiin vuonna 2010. Ulkoisen fosforikuormituksen suuruutta verrattiin järvien fosforinsietokykyyn. Etenkin Kalliojärvi-Patojärven ulkoinen fosforikuormitus ylittää järven sietokyvyn selkeästi. Lisäksi molemmat järvet ovat sisäkuormitteisia, eli fosforia vapautuu niiden pohjasedimentistä ainakin ajoittain merkittäviä määriä.

Tämä selvitys on osa Kalliojärven vesistöalueen kunnostussuunnittelua, jonka aloite on tullut Kalliojärven kylän asukkailta.

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja
C:53

ISBN 978-951-604-151-6
ISBN 978-951-604-152-3 (pdf)

ISSN 1797-3848
ISSN 1797-3856 (pdf)